

*Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції 14–15 травня 2020 року  
«Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій», Тернопіль, Україна*

**УДК 621.793.927.7**

**В.Я. Гаврилюк, Ч.В. Пулька, докт. техн. наук, проф., В.М. Михайлишин,  
В.С. Сенчишин**

## **ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОБЕРТАННЯ ДИСКА НА СТАБІЛЬНІСТЬ ТОВЩИНИ НАПЛАВЛЕНОГО ШАРУ**

**V. Havryliuk, Ch. Pulka, Dr., Prof., V. Mykhailyshyn, V. Senchyshyn  
THE THEORETICAL RESEARCHES OF INFLUENCE THE DISK ROTATION ON  
THICKNESS STABILITY OF SURFACING LAYER**

В роботі [1] авторами розроблена технологія одночасного індукційного наплавлення по всій робочій поверхні тонких дисків зубчатої форми з шириною наплавлення більшою за висоту зуба, з використанням двовиткового кільцевого індуктора, витки якого з'єднані між собою зустрічно-паралельно (в протифазі по струму і магнітному потоку).

В роботі [2] показано вплив технологічних схем на стабільність товщини шару наплавленого металу за допомогою порошкоподібного твердого сплаву ПГ-С1. Одна із технологічних схем [2] полягає в тому, що в процесі індукційного наплавлення диск піддають обертовому руху навколо осі симетрії з деякою кутовою швидкістю, в момент початку розплавлення порошкоподібного сплаву [3] з утворенням єдиної рідкої ванни.

В результаті цього руху домішки в розплавленому шарі металу будуть рухатися по деяких траєкторіях відносно розплаву, а також формуватися відповідна структура і стабільність товщини шару наплавленого металу.

Представляє інтерес теоретичного обґрунтування впливу обертання деталі на рівномірність товщини наплавленого металу. В літературних джерелах відсутні такі дослідження, з метою підвищення стабільності товщини шару наплавленого металу із використанням відцентрових сил.

Метою даної роботи є підвищення стабільності товщини шару наплавленого металу з використанням обертового руху навколо осі симетрії.

На рис. показано схему розміщення точки (розплавленої частинки) на диску та сил, які діють на неї.

Рівняння відносного руху матеріальної частинки масою  $m$  має вигляд:

$$m\vec{a}_r = \vec{\Phi}_e + \vec{\Phi}_{\text{кор}} + \vec{F}_T + \vec{F}_{\text{оп}}, \quad (1)$$

де  $\vec{\Phi}_e$  – переносна сила інерції,  $\vec{\Phi}_{\text{кор}}$  – сила інерції Коріоліса,  $\vec{F}_T$  – сила тертя ковзання,  $\vec{F}_{\text{оп}}$  – сила в'язкого опору,  $\vec{a}_r$  – відносне прискорення.

В результаті розв'язку цієї задачі отримали систему рівнянь:

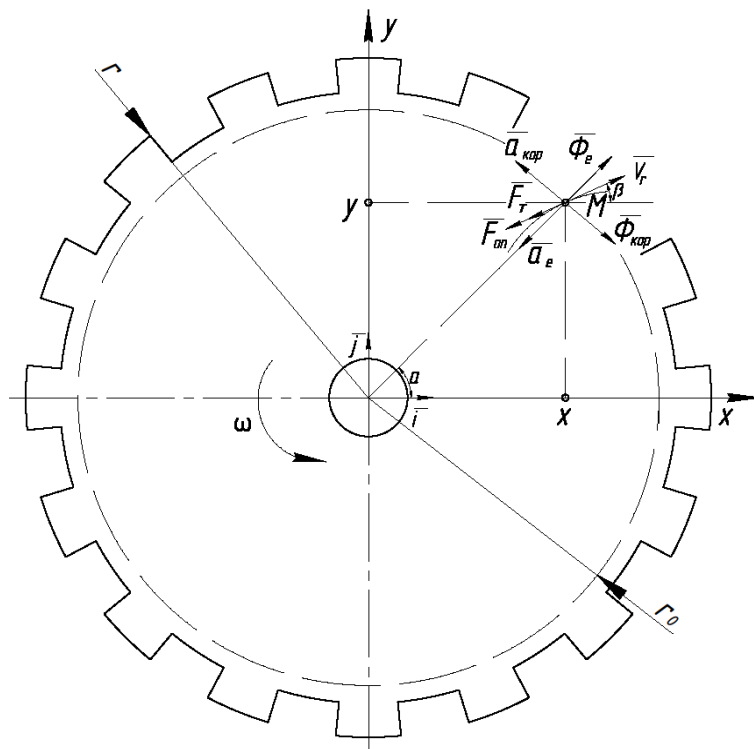
$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = x_3, \\ \frac{dx_2}{dt} = x_4, \\ \frac{dx_3}{dt} = \omega^2 x_1 + 2\omega x_4 - fg \frac{x_3}{\sqrt{x_3^2 + x_4^2}} - \frac{\mu}{m} x_3, \\ \frac{dx_4}{dt} = \omega^2 x_2 + 2\omega x_3 - fg \frac{x_4}{\sqrt{x_3^2 + x_4^2}} - \frac{\mu}{m} x_4. \end{cases} \quad (2)$$

Якщо в початковий момент часу точка знаходилась на осі  $Oy$  на відстані  $r_0$  до осі обертання і її відносна швидкість була рівна нулю, то початкові умови запишуться так: при  $t=0$ :

$$\begin{aligned} x_1 &= 0; x_2 = r_0; \\ x_3 &= 0; x_4 = 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Таким чином ми отримали задачу Коші для системи рівнянь руху (2) і початкових умовах (3).

Для знаходження розв'язку отриманої задачі використовувався метод Рунге-Кутта.



$M$  – точка (розплавлена частинка);  $\bar{V}_r$  – відносна швидкість з віссю  $x$  через  $\beta$ ;  $\bar{a}_{\text{кор}}$  – прискорення Коріоліса;  $\bar{a}_e$  – переносне прискорення;  $\omega$  – кутова швидкість;  $\bar{j}$  – одиничний вектор осі  $y$ ;  $\bar{i}$  – одиничний вектор осі  $x$ ;  $\alpha$  – кут розташування точки  $M$ ;  $r_0$  – радіус положення точки  $M$  в початковий момент ( $r_0 = 0,092$  м);  $r$  – радіус диска, положення точки  $M$  в кінцевий момент ( $r = 0,105$  м)

Рис. Схема розміщення точки (розплавленої частинки) на диску та сил, які діють на неї

Проведені експериментальні дослідження товщини шару наплавленого металу за цією схемою [2] показали, що стабільність товщини шару наплавленого металу підвищується на 6% в порівнянні без обертання деталі, яка підтверджується достовірністю з теоретичними даними.

### Література

1. Пулька Ч.В., Шаблій О.Н., Грабин В.Ф., Дзыкович И.Я. (1991) Совершенствование технологии индукционной наплавки тонких фасонных дисков. Автоматическая сварка, 1, 57–61.
2. Пулька Ч.В., Сенчишин В.С., Гаврилюк В.Я., Базар М.С. (2013) Влияние технологических схем индукционной наплавки на стабильность толшины наплавленного слоя. Автоматическая сварка, 4, 65–67.
3. Пулька Ч.В., Гаврилюк В.Я., Сенчишин В.С., Шарик М.В. (2014) Спосіб наплавлення тонких дисків. Пат. на корисну модель 73032 UA, МПК B23K 13/00. Заявник і власник Терноп. нац. техн. ун-т ім. І. Пулюя.